



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑪ Aktenzeichen: 102 17 304.4
⑫ Anmeldetag: 18. 4. 2002
⑬ Offenlegungstag: 31. 10. 2002

⑭ Unionspriorität:
840592 23. 04. 2001 US

⑮ Anmelder:
Agilent Technologies, Inc. (n.d. Ges. d. Staates
Delaware), Palo Alto, Calif., US

⑯ Vertreter:
Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 81479
München

⑰ Erfinder:
Deng, Qing, San Jose, Calif., US; Herniman, John,
San Rosa, Calif., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen
Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑱ Zuverlässigkeitssteigernde Schichten für VertikalresonatorOberflächenemissionslaser

[0001] Diese Erfindung bezieht sich auf zuverlässigkeitssteigernde Schichten für Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser und auf Verfahren zur Herstellung derselben.

[0002] Ein Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser (VCSEL; VCSEL = vertical cavity surface emitting laser) ist eine Laservorrichtung, die aus einer optisch aktiven Halbleiterschicht (z. B. AlInGaAs oder InGaAsP) gebildet ist, die zwischen einem Paar hochreflektierender Spiegelstapel angeordnet ist, die aus Schichten eines Metallmaterials, eines dielektrischen Materials oder eines epitaktisch aufgewachsenen Halbleitermaterials hergestellt sein können. Üblicherweise ist einer der Spiegelstapel weniger reflektierend hergestellt als der andere, so daß ein Abschnitt des kohärenten Lichtes, das sich in einem Resonanzbereich (resonating cavity) bildet, der zwischen den Spiegelstapeln gebildet ist, aus der Vorrichtung emittiert werden kann. Üblicherweise emittiert ein VCSEL Laserlicht von der oberen oder der unteren Oberfläche des Resonanzbereichs mit einer relativ kleinen Strahldivergenz. VCSEL können in Singuleiten, in eindimensionalen oder in zweidimensionalen Arrays angeordnet sein, die On-Wafer getestet werden, und ohne weiteres in ein optisches Sendempfangs-Gerät-Modul eingebaut und mit einem faseroptischen Kabel gekoppelt sein.

[0003] Allgemein kann ein VCSEL als ein gewinngeführter VCSEL oder ein indexgeführter VCSEL gekennzeichnet sein. Ein Implantations-VCSEL ist der häufigste künstlich herstellbare, gewinngeführte VCSEL. Ein Implantations-VCSEL umfaßt für eine Strombegrenzung und eine Störreduktion einen oder mehrere Implantationsbereiche mit hohem Widerstandswert. Ein Oxid-VCSEL andererseits ist der häufigste indexgeführte (lateral und vertikal) VCSEL. Ein Oxid-VCSEL umfaßt Oxidschichten (und möglicherweise Implantationsbereiche) für sowohl eine Strom- als auch eine optische Begrenzung.

[0004] VCSELs und VCSEL-Arrays wurden bisher erfolgreich für einen Einmodenbetrieb und einen Mehrmodenbetrieb bei einer Vielzahl unterschiedlicher Wellenlängen (z. B. 650 nm, 850 nm, 980 nm, 1300 nm und 1550 nm) entwickelt. Der kommerzielle Erfolg der VCSEL-Technologie hängt jedoch zu einem Großteil von einer Entwicklung von VCSEL-Strukturen ab, die durch eine hohe Leistung und eine hohe Zuverlässigkeit gekennzeichnet sind.

[0005] Techniken zum Verbessern der Leistung und der Zuverlässigkeit einer großen Vielzahl unterschiedlicher Halbleiterlaservorrichtungen, einschließlich VCSELs und Kantenemissionslasern, wurden vorgeschlagen.

[0006] Das US-Patent Nr. 5,838,705 offenbart z. B. VCSEL-Vorrichtungen (d. h. einen nicht-planaren Kamur-VCSEL und einen planaren Implantations-VCSEL), die eine oder mehrere Defektspererschichten umfassen, die in einem jeweiligen von zwei Umhüllungsbereichen positioniert sind, die an gegenüberliegenden Seiten eines aktiven Bereichs gebildet sind. Gemäß dem '705-Patent können die Defektspererschichten an jeder Stelle außerhalb des aktiven Bereichs angeordnet sein. Die einzigen bevorzugten Orte für die Defektspererschichten sind jedoch in unmittelbarer Nähe und auf beiden Seiten des aktiven Bereichs, um eine Barriere zu schaffen, die es verhindert, daß Defekte, die außerhalb des aktiven Bereichs gebildet werden, zu und in den aktiven Bereich gelangen. Die defekten Sperrschichten sind aus einem indiumhaltigen Material gebildet, das eine Belastung in der VCSEL-Vorrichtung induziert. Man geht davon aus, daß die Belastung entweder eine Bewegung von Defekten zu dem aktiven Bereich verhindert oder Defekte in den Defektspererschichten anzieht und nachfolgend einschließt.

[0007] Das US-Patent Nr. 4,984,242 offenbart einen

GaAs/AlGaAs-Kantenemissionslaser, der zumindest eine Umhüllungsschicht umfaßt, die Indium enthält. Gemäß dem '242-Patent erzeugt das Indium ein lokales Belastungsfeld, das ausreichend ist, um eine Defektmigration durch die Umhüllungsschicht zu reduzieren und effektiv zu stoppen. Die indiumhaltige Belastungsschicht kann von dem aktiven Bereich beabstandet sein oder neben dem aktiven Bereich positioniert sein. Indiumhaltige Schichten können zu den Aktivbereichbarriereschichten hinzugefügt werden, um die Leistung des Kantenemissionslasers zu verbessern. Bei einem Ausführungsbeispiel ist eine einheitliche Dotierung mit Indium in der gesamten Kantenemissionslaserheterostruktur vorgesehen, um das Wachstum und die Migration von Defekten in dem Kristallgitter zu verhindern. Ein weiteres Ausführungsbeispiel umfaßt Indium in einer Deckschicht, um die Oberflächenarbeitsfunktion zu reduzieren und dadurch den Kontaktwiderstandswert einer darüberliegenden Metallisierungsschicht zu reduzieren. Das '242-Patent lehrt keine Verwendung von Indium in einem VCSEL und schlägt dieselbe nicht vor, noch lehrt es oder schlägt es vor, wie Indium in eine VCSEL-Struktur übertragen werden kann.

[0008] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser (VCSEL) mit verbesserten Charakteristika oder ein verbessertes Verfahren zum Herstellen eines Vertikalresonatoroberflächenemissionslasers (VCSEL) zu schaffen.

[0009] Diese Aufgabe wird durch einen Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser gemäß Anspruch 1 oder ein Verfahren zum Herstellen eines Vertikalresonatoroberflächenemissionslasers gemäß Anspruch 24 gelöst.

[0010] Die Erfindung weist zuverlässigkeitssteigernde Schichten auf, die spezifische Funktionen an einem oder mehreren wesentlichen Orten in einer VCSEL-Struktur durchführen, um eine Defektbildung und -migration zu reduzieren oder zu verhindern, die andernfalls die VCSEL-Leistung verschlechtern könnte, indem z. B. die optische Absorption in den Spiegelstapeln erhöht wird, oder indem die elektrooptischen Eigenschaften des aktiven Bereichs verschlechtert werden. Insbesondere sind die zuverlässigkeitssteigernden Schichten konfiguriert, um eine oder mehrere der folgenden Funktionen in der VCSEL-Struktur durchzuführen: Gettern (d. h. Entfernen von Defekten oder Verunreinigungen aus wesentlichen Bereichen), Belastungsausgleich (d. h. Ausgleichen der Gitterfehlpassung bei der Struktur, um eine Belastung zu minimieren) und Defektunterdrückung (d. h. Blockieren/Reduzieren einer Defektbildung/Migration während des Aufwachsens, Verarbeitens oder Vorrichtungsbetriebs). Durch ein strategisches Positionieren einer oder mehrerer geeignet konfigurierter zuverlässigkeitssteigernder Schichten hinsichtlich einer identifizierten Defektquelle ermöglicht es die Erfindung, daß VCSEL-Strukturen auf eine Weise modifiziert werden, die die Zuverlässigkeit und die Leistung von VCSEL-Vorrichtungen verbessert.

[0011] Bei einem Aspekt weist die Erfindung einen Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser (VCSEL) auf, der einen ersten Spiegelstapel, einen zweiten Spiegelstapel und einen Resonatorbereich umfaßt, der zwischen dem ersten Spiegelstapel und dem zweiten Spiegelstapel angeordnet ist und einen aktiven Bereich umfaßt. Der VCSEL umfaßt auch eine Defektquelle und eine zuverlässigkeitssteigernde Schicht, die hinsichtlich der Defektquelle positioniert ist, um eine defektinduzierte Verschlechterung eines oder mehrerer VCSEL-Bereiche zu reduzieren.

[0012] Ausführungsbeispiele gemäß diesem Aspekt der Erfindung können eines oder mehrere der folgenden Merkmale umfassen.

[0013] Die zuverlässigkeitssteigernde Schicht kann zwi-

schen der Defektquelle und dem Resonatorbereich in der Defektquelle oder in unmittelbarer Nähe zu der Defektquelle (oberhalb oder unterhalb oder beides) positioniert sein.

[0014] Wie der Ausdruck "Resonatorbereich" hierin verwendet wird, bezieht er sich auf die VCSEL-Struktur, die den aktiven Bereich und die Abstandsschichten umfaßt.

[0015] Die zuverlässigkeitssteigernde Schicht kann eines oder mehrere der folgenden Elemente umfassen: Indium, Bor, Phosphor, Antimon und Stickstoff. Die zuverlässigkeitssteigernde Schicht kann an umgebende Schichten glatteangepaßt sein. Alternativ kann die zuverlässigkeitssteigernde Schicht eine oder mehrere belastete oder "strained" Schichten umfassen. Die zuverlässigkeitssteigernde Schicht kann ein Übergitter umfassen, das zugbelastet, druckbelastet oder belastungsausgeglichen sein kann. Die zuverlässigkeitssteigernden Schichten können durch nicht-zuverlässigkeitssteigernde Schichten getrennt sein.

[0016] Die Defektquelle kann eines oder mehrere der folgenden Merkmale umfassen: einen oxidierten Abschnitt des VCSEL, einen Implantationsbereich des VCSEL, einen freiliegenden Bereich des VCSEL, eine oder mehrere dielektrische Schichten, einen dotierten Bereich des VCSEL und das Substrat.

[0017] Die zuverlässigkeitssteigernde Schicht kann konfiguriert sein, um eine Belasung, die durch die Defektquelle erzeugt wird, auszugleichen. Die Defektquelle kann z. B. einen Oxidbereich umfassen, der ein Druckbelastungsfeld induziert, wobei die zuverlässigkeitssteigernde Schicht in dem Druckbelastungsfeld positioniert und durch eine Zugbelastung gekennzeichnet sein kann, die im wesentlichen das Druckbelastungsfeld ausgleicht.

[0018] Bei einigen Ausführungsbeispielen erzeugt die Defektquelle ein Konzentrationsgefälle, das eine Defektmigration induziert. Bei diesen Ausführungsbeispielen kann die zuverlässigkeitssteigernde Schicht konfiguriert sein, um die induzierte Defektmigration zu reduzieren. Die Defektquelle kann z. B. durch eine relativ hohe Gruppe-V-Leerstellenkonzentration gekennzeichnet sein, wobei in diesem Fall die zuverlässigkeitssteigernde Schicht vorzugsweise durch eine niedrigere Diffusionsrate von Leerstellendefekten gekennzeichnet ist.

[0019] Bei einem anderen Aspekt weist die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen eines VCSEL auf. Gemäß diesem Verfahren wird ein erster Spiegelstapel gebildet, ein zweiter Spiegelstapel wird gebildet und ein Resonatorbereich, der einen aktiven Bereich aufweist, wird zwischen denselben gebildet. Eine Defektquelle wird gebildet und eine zuverlässigkeitssteigernde Schicht wird hinsichtlich der Defektquelle positioniert, um eine defektinduzierte Verschlechterung eines oder mehrerer VCSEL-Bereiche zu reduzieren.

[0020] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden aus der folgenden detaillierten Beschreibung Bezug nehmend auf die Zeichnungen und Ansprüche ersichtlich. Es zeigen:

[0021] Fig. 1 eine schematische Querschnittsseitenansicht eines Abschnitts einer VCSEL-Struktur;

[0022] Fig. 2A eine schematische Draufsicht eines planaren Oxid-VCSEL mit einer zuverlässigkeitssteigernden Schicht, die zwischen einem oxidierten Abschnitt eines ersten Spiegelstapels und einem Resonatorbereich angeordnet ist;

[0023] Fig. 2B eine schematische Querschnittsseitenansicht des planaren Oxid-VCSEL aus Fig. 2A entlang der Linie 2B-2B;

[0024] Fig. 2C eine schematische Querschnittsseitenansicht des planaren Oxid-VCSEL aus Fig. 2A entlang der Linie 2C-2C;

[0025] Fig. 3 eine schematische Querschnittsseitenansicht eines indexgeführten Oxid-VCSEL mit einer zuverlässigkeitssteigernden Schicht, die zwischen einem oxidierten Abschnitt eines ersten Spiegelstapels und einem aktiven Bereich angeordnet ist; und

[0026] Fig. 4 eine schematische Querschnittsseitenansicht eines gewinngeführten Implantations-VCSEL mit einer zuverlässigkeitssteigernden Schicht, die zwischen einem Implantationsbereich eines ersten Spiegelstapels und einem aktiven Bereich angeordnet ist.

[0027] Bei der folgenden Beschreibung werden gleiche Bezugszeichen verwendet, um gleiche Elemente zu identifizieren. Ferner sollen die Zeichnungen Hauptmerkmale exemplarischer Ausführungsbeispiele auf eine schematische Weise darstellen. Die Zeichnungen sollen weder jedes Merkmal tatsächlicher Ausführungsbeispiele noch relative Abmessungen der dargestellten Elemente darstellen und sind nicht maßstabgetreu.

[0028] Bezug nehmend auf Fig. 1 umfaßt bei einer verallgemeinerten Darstellung ein VCSEL 10 einen Resonatorbereich 12, der zwischen einem ersten Spiegelstapel 14 und einem zweiten Spiegelstapel 16 angeordnet ist, der auf einem Substrat 18 gebildet ist. Der Resonatorbereich 12 umfaßt eine oder mehrere aktive Schichten 20 (z. B. eine Quantenmulde oder einen oder mehrere Quantenpunkte), die zwischen einem Paar von Abstandsschichten 22, 24 angeordnet sind. Bei anderen Ausführungsbeispielen kann die aktive Schicht 20 oberhalb oder unterhalb einer einzelnen Abstandsschicht positioniert sein. Ein Paar elektrischer Kontakte 28, 30 ermöglicht es, daß der VCSEL 10 durch eine geeignete Treiberschaltung getrieben wird. In Betrieb wird eine Betriebsspannung über elektrische Kontakte 28, 30 angelegt, um einen Stromfluß in dem VCSEL 10 zu erzeugen. Allgemein fließt ein Strom durch einen Mittelbereich der VCSEL-Struktur, wobei ein Laser-Betrieb in einem Mittelabschnitt des Resonatorbereichs 12 (im folgenden "aktiver Bereich") auftritt. Wie in den unten beschriebenen Ausführungsbeispielen gezeigt ist, kann ein Begrenzungsbereich (z. B. ein Oxidbereich oder ein Implantationsbereich oder beides) eine laterale Begrenzung von Trägern und Photonen liefern. Eine Trägerbegrenzung resultiert aus dem relativ hohen elektrischen Widerstand des Begrenzungsbereichs, was bewirkt, daß elektrischer Strom vorzugsweise durch einen mittig angeordneten Bereich des VCSEL 10 fließt. Bei einem Oxid-VCSEL resultiert eine optische Begrenzung aus einer wesentlichen Reduzierung des Brechungsindex des Begrenzungsbereichs, was ein laterales Brechungsindexprofil erzeugt, das die Photonen führt, die in dem Resonatorbereich 12 erzeugt werden, wohingegen bei einem Implantations-VCSEL eine optische Begrenzung hauptsächlich aus einer thermischen Linsenbildung und der injizierten Trägerverteilung resultiert. Die Träger- und optische laterale Begrenzung erhöht die Dichte von Trägern und Photonen in dem aktiven Bereich und erhöht folglich die Effizienz, mit der Licht in dem aktiven Bereich erzeugt wird. Bei einigen Ausführungsbeispielen umschreibt der Begrenzungsbereich einen zentralen Bereich des VCSEL 10, der eine Öffnung definiert, durch die vorzugsweise ein VCSEL-Strom fließt. Bei anderen Ausführungsbeispielen können Oxidschichten als Teil der verteilten Bragg-Reflektoren in der VCSEL-Struktur verwendet werden.

[0029] Die aktive Schicht 20 kann aus AlInGaAs (d. h. AlInGaAs , GaAs , AlGaAs und InGaAs), InGaAsP (d. h. InGaAsP , GaAs , InGaAs , GaAsP und GaP), GaAsSb (d. h. GaAsSb , GaAs , und GaSb), InGaAsN (d. h. InGaAsN , GaAs , InGaAs , GaAsN und GaN), oder AlInGaAsP (d. h. AlInGaAsP , AlInGaAs , AlGaAs , InGaAsP , GaAs , InGaAs , GaAsP und GaP) gebildet sein. Andere Quanten-

mulderschichtzusammensetzungen können ebenfalls verwendet werden. Die erste und die zweite Abstandsschicht 22, 24 können aus Materialien gebildet sein, die basierend auf der Materialzusammensetzung der aktiven Schichten ausgewählt werden. Der erste und der zweite Spiegelstapel 14, 16 umfassen jeweils ein System von abwechselnden Schichten aus Materialien mit unterschiedlichen Brechungsindizes, das einen verteilten Bragg-Reflektor (DBR) bildet, der für eine erwünschte Betriebslaserwellenlänge (z. B. eine Wellenlänge in dem Bereich von 650 nm bis 1650 nm) entworfen ist. Der erste und der zweite Spiegelstapel 14, 16 können z. B. aus abwechselnden Schichten aus AlGaAs mit hohem Aluminiumanteil und AlGaAs mit niedrigem Aluminiumanteil gebildet sein. Die Schichten des ersten und des zweiten Spiegelstapels 14, 16 weisen vorzugsweise eine effektive optische Dichte auf (d. h. die Schichtdicke multipliziert mit dem Brechungsindex der Schicht), die etwa 1/4 der Betriebslaserwellenlänge beträgt. Das Substrat 18 kann aus GaAs, InP, Saphir (Al_2O_3) oder InGaAs gebildet sein, und kann undotiert, n-Typ-dotiert (z. B. mit Si) oder p-Typ-dotiert (z. B. mit Zn) sein. Eine Pufferschicht 32 kann auf das Substrat 18 aufgewachsen werden, bevor der VCSEL 10 gebildet wird. Bei der Darstellung aus Fig. 1 sind der erste und der zweite Spiegelstapel 14, 16 so entworfen, daß Laserlicht von der oberen Oberfläche des VCSEL 10 emittiert wird. Bei anderen Ausführungsbeispielen können die Spiegelstapel so entworfen sein, daß Laserlicht von der unteren Oberfläche des Substrates 18 emittiert wird.

[0030] Der VCSEL 10 kann durch herkömmliche Epitaxieaufwuchsverfahren gebildet sein, wie z. B. eine metallorganische, chemische Aufdampfung (MOCVD) und eine molekulare Strahlepitaxie (MBE). Der VCSEL 10 kann eine Mesa-Struktur umfassen, die durch ein Ätzen bis zu zumindest dem Begrenzungsbereich des VCSEL 10 gebildet ist. Die Mesastruktur kann durch herkömmliche Naß- oder Trockenätzverfahren geätzt werden, einschließlich eines reaktiven Ionenätzens (RIE) und eines reaktiven Ionenstrahlätzens (RIBE).

[0031] Wie oben erklärt wurde, wurde beobachtet, daß bestimmte Defektquellen (z. B. ein Oxidbereich, ein Implantationsbereich, geätzte Löcher, geätzte Gräben, geätzte Messen, das Substrat 18, dielektrische Schichten und stark dotierte Bereiche) dazu neigen, eine Belastung, eine Spannung oder Defekte (z. B. Grenzflächenleerräume oder Punkdefekte oder beides) einzuführen, die die Leistung des VCSEL 10 verschlechtern können. Die folgenden VCSEL-Ausführungsbeispiele weisen zuverlässigkeitssteigernde Schichten auf, die an einem oder mehreren wesentlichen Orten in der VCSEL-Struktur positioniert werden können, um eine defektinduzierte Verschlechterung des aktiven Bereichs oder anderer VCSEL-Bereiche (z. B. Spiegelstapel 14, 16) oder beider zu reduzieren. Insbesondere können zuverlässigkeitssteigernde Schichten zwischen dem aktiven Bereich und der Defektquelle, in der Defektquelle oder in unmittelbarer Nähe der Defektquelle (oberhalb oder unterhalb oder beides) angeordnet sein. Die zuverlässigkeitssteigernden Schichten können eines oder mehrere der folgenden Elemente umfassen: In, P, B, N und Sb. Diese Elemente können in dicken Schichten, die an umgebende Schichten gitterangepaßt sind, in dünnen belasteten Schichten und Übergitterstrukturen, die zugbelastet, druckbelastet oder unbelastet sein können, enthalten sein. Exemplarische zuverlässigkeitssteigernde Schichten umfassen GaAsP, InGaAsP, AlInGaAsP, AlGaAsSb, InGaAs, InAlGaAs, InGaAsP, und $\text{Ga}_{0.9}\text{B}_{0.1}\text{N}$. Die zuverlässigkeitssteigernden Schichten können in einer oder mehreren der Komponentenschichten eines VCSEL enthalten sein, einschließlich aktiven Schichten, Resonatorschichten, DBR-Spiegelstapeln, Oxidschichten,

Deckschichten und Pufferschichten. Die zuverlässigkeitssteigernden Schichten können durch nicht-zuverlässigkeitssteigernde Schichten getrennt sein. Eine zuverlässigkeitssteigernde Schicht kann verwendet werden, um die Belastungsfelder, die durch eine Defektquelle induziert werden, auszugleichen. Eine Druckbelastung, die durch eine Oxidschicht induziert wird, kann z. B. durch eine Positionierung einer zugbelasteten, zuverlässigkeitssteigernden Schicht (z. B. einer GaAsP-Schicht) in einem Bereich ausgeglichen werden, der durch die Druckbelastungsfelder der Oxidschicht umfaßt ist. Eine zuverlässigkeitssteigernde Schicht kann auch neben oder in einer Defektquelle positioniert sein, um Defekte zu gettern (oder einzuschließen). Zusätzlich kann eine zuverlässigkeitssteigernde Schicht verwendet werden, um eine Migration von Defekten oder Dotierungsmitteln zu blockieren oder zu reduzieren. Insbesondere kann hinsichtlich einer Defektquelle, die ein Konzentrationsgefälle erzeugt, das eine Defektmigration induziert, eine zuverlässigkeitssteigernde Schicht konfiguriert sein, um die induzierte Defektmigration zu reduzieren. Wenn z. B. eine Defektquelle ein Gruppe-V-Leerstellengefälle erzeugt, kann eine Gruppe-VI-Dotierungsmittel-Diffusion verbessert werden. In diesem Fall kann eine zuverlässigkeitssteigernde Schicht, die durch eine niedrige Gruppe-V-Leerstellenkonzentration gekennzeichnet ist, in der VCSEL-Struktur positioniert sein, um eine Migration des Gruppe-VI-Dotierungsmittels (oder eines anderen Punkdefektes) zu reduzieren oder zu blockieren.

[0032] Bezug nehmend auf die Fig. 2A bis 2C umfaßt bei einem Ausführungsbeispiel ein planarer indexgeführter Oxid-VCSEL 40 einen Resonatorbereich 12, der zwischen einem ersten Spiegelstapel 14 und einem zweiten Spiegelstapel 16 gebildet ist, der auf einem Substrat 18 gebildet ist. Der Resonatorbereich 12 umfaßt eine oder mehrere aktive Schichten 2 (z. B. eine Quantenmulde oder einen oder mehrere Quantenpunkte), die zwischen einem Paar von Abstandsschichten 22, 24 angeordnet sind. Wie gezeigt ist, weist der VCSEL 40 bei diesem Ausführungsbeispiel eine planare Struktur auf, die eine Zahl von Löchern 42 umfaßt, die eine Zahl jeweiliger Seitenbereiche des ersten Spiegelstapels 14 freilegen, die oxidiert werden sollen. Zumindest ein Abschnitt 26 des ersten Spiegelstapels 14 wird von den freiliegenden Seitenbereichen nach innen in Richtung eines zentral angeordneten Öffnungsbereichs 46 oxidiert. Bei diesem Ausführungsbeispiel sind vier Löcher 42 geöffnet, die sich in gleichen Abständen von der Mitte einer ersten Elektrode 44 befinden. Löcher 42 erstrecken sich von der ersten Oberfläche des VCSEL 40 nach unten zumindest zu der Schicht (oder den Schichten), die dem oxidierten Abschnitt 26 entsprechen. Wenn die VCSEL-Struktur erwärmt Wasserstoff ausgesetzt wird, tritt der erwärmte Wasserstoff in Löcher 26 ein und oxidiert den Abschnitt 26 in einer radialen Richtung weg von den Löchern 42. Das Oxidationsverfahren führt fort, bis die Oxidationsfronten von allen Löchern 42 verschmelzen, um eine nicht-oxidierte Öffnung 46 zu bilden. Andere Oxid-VCSEL-Ausführungsbeispiele können mehr oder weniger Freilegungslöcher 42 oder freiliegende Bereiche mit anderen Formen, wie z. B. Gräben oder Bögen, umfassen.

[0033] Es wurde beobachtet, daß eine laterale Oxidation des VCSEL 40 eine Belastung oder Spannung in der VCSEL-Struktur erzeugt, was Defekte (z. B. Grenzflächenleerräume oder Punkdefekte oder beides) einführen kann, die dazu neigen, mit der Zeit (z. B. während nachfolgender Verarbeitungsschritte und während eines VCSEL-Betriebs) in den aktiven Bereich oder andere VCSEL-Bereiche zu wandern, wobei dieselben folglich die Zuverlässigkeit des VCSEL 40 in Frage stellen können. Bei dem Ausführungs-

beispiel der Fig. 2A bis 2C ist eine zuverlässigkeitssteigernde Schicht 48 zwischen einem oxidierten Abschnitt 26 des ersten Spiegelstapels 14 und dem Resonatorbereich 12 angeordnet. Wie unten erklärt wird, können bei anderen Ausführungsbeispielen zuverlässigkeitssteigernde Schichten in dem oxidierten Abschnitt 26 oder in unmittelbarer Nähe des oxidierten Abschnittes 26 (oberhalb oder unterhalb oder beides) positioniert sein. Die zuverlässigkeitssteigernde Schicht 48 wird vorzugsweise ausgewählt, um zwischen dem oxidierten Abschnitt 26 des ersten Spiegelstapels 14 und dem Resonatorbereich 12 ein lokalisiertes Belastungsfeld zu erzeugen, das eine Defektmigration durch die zuverlässigkeitssteigernde Schicht 48 wesentlich reduziert und dadurch der Resonatorbereich 12 vor einer defektinduzierten Verschlechterung schützt. Bei dem Ausführungsbeispiel der Fig. 2A bis 2C kann die zuverlässigkeitssteigernde Schicht 48 aus einer Halbleiterlegierung gebildet sein, die aus Al, Ga, As und einem oder mehreren der folgenden Elemente gebildet ist: In, B, P, Sb und N. Die zuverlässigkeitssteigernde Schicht 48 kann z. B. aus InGaAs, InAlGaAs, InGaAsP, oder GaAsP gebildet sein. Die zuverlässigkeitssteigernde Schicht 48 kann durch ein Hinzufügen eines oder mehrerer Elemente von z. B. In, B, P, Sb und N während des Epitaxieaufwachstums einer oder mehrerer Komponentenschichten des ersten Spiegelstapels 14 gebildet sein, die zwischen dem oxidierten Abschnitt 26 und dem Resonatorbereich 12 angeordnet sind.

[0034] Bei einigen Ausführungsbeispielen kann zumindest ein Abschnitt des zweiten Spiegelstapels 16 von den freiliegenden Seitenwänden 42 nach innen in Richtung eines mittig angeordneten Bereichs oxidiert sein, um eine zusätzlich laterale Begrenzung von Trägern und Photonen zu erreichen. Bei diesen Ausführungsbeispielen kann eine zuverlässigkeitssteigernde Schicht zwischen dem oxidierten Abschnitt des zweiten Spiegelstapels 16 und dem Resonatorbereich 12 angeordnet sein. Diese zuverlässigkeitssteigernde Schicht wird vorzugsweise ausgewählt, um zwischen dem oxidierten Abschnitt des zweiten Spiegelstapels 16 und dem Resonatorbereich 12 ein lokales Belastungsfeld zu erzeugen, das eine Defektmigration durch die zuverlässigkeitssteigernde Schicht wesentlich reduziert und dadurch den Resonatorbereich 12 vor einer defektinduzierten Verschlechterung schützt. Bei diesen Ausführungsbeispielen kann die zuverlässigkeitssteigernde Schicht die gleiche Struktur wie die zuverlässigkeitssteigernde Schicht 48 aufweisen. Wie unten erklärt wird, können zuverlässigkeitssteigernde Schichten bei anderen Ausführungsbeispielen in dem oxidierten Abschnitt des zweiten Spiegelstapels 16 oder in unmittelbarer Nähe des oxidierten Abschnittes des zweiten Spiegelstapels 16 (oberhalb oder unterhalb oder beides) angeordnet sein.

[0035] Andere Ausführungsbeispiele können z. B. zuverlässigkeitssteigernde Schichten umfassen, die entworfen sind, um die Belastung auszugleichen, die durch die laterale Oxidation des ersten Spiegelstapels 14 oder des zweiten Spiegelstapels 16 oder beide eingeführt wird. Bei einem Ausführungsbeispiel kann eine zuverlässigkeitssteigernde Schicht neben (z. B. oberhalb oder unterhalb oder beides) den oxidierten Abschnitten des ersten Spiegelstapels 14 oder des zweiten Spiegelstapels 16 oder beider positioniert sein. Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel kann eine zuverlässigkeitssteigernde Schicht in den oxidierten Abschnitten des ersten Spiegelstapels 14 oder des zweiten Spiegelstapels 16 oder beider positioniert sein. Bei einem anderen Ausführungsbeispiel können die oxidierten Abschnitte des ersten Spiegelstapels 14 oder des zweiten Spiegelstapels 16 oder beider zwischen jeweiligen Paaren von zuverlässigkeitssteigernden Schichten angeordnet sein. Bei diesen Ausführungsbeispielen kann die Druckbelastung, die durch die

Oxidation von Abschnitten des ersten Spiegelstapels 14 oder des zweiten Spiegelstapels 16 oder beider erzeugt wird, durch eine zuverlässigkeitssteigernde Schicht wesentlich ausgeglichen sein, die eine Ausgleichszugbelastung in den Spiegelstapel einführt. Bei einem Ausführungsbeispiel z. B., das AlGaAs-Spiegelstapel umfaßt, können die zuverlässigkeitssteigernden Schichten aus $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{P}$ gebildet sein, wobei $x < 0,5$ (Zug) ist. Bei diesen Ausführungsbeispielen können die zuverlässigkeitssteigernden Schichten die Bildung von Defekten unterdrücken sowie die Migration von Defekten in einen Resonatorbereich 12 und andere Bereiche der VCSEL-Struktur blockieren.

[0036] Bei einigen Ausführungsbeispielen kann der erste Spiegelstapel 14 bis zu oder durch die Oxidschicht 26 implantiert sein, um die Leistung des VCSEL 10 weiter zu verbessern. Bei diesen Ausführungsbeispielen können eine oder mehrere zuverlässigkeitssteigernde Schichten oberhalb oder in dem Implantationsbereich gebildet sein, um Defekte zu gettern, oder zwischen dem Implantationsbereich und dem Resonatorbereich 12, um die Ausbreitung von Defekten in den Resonatorbereich 12 zu unterdrücken.

[0037] Bezug nehmend auf Fig. 3 ist bei einem anderen Ausführungsbeispiel ein nicht-planarer indexgeführter Oxid-VCSEL 50 in einer Mesa- (oder Säulen-) Struktur mit freiliegenden Seitenwänden gebildet. Zumindest ein Abschnitt 52 des ersten Spiegelstapels 14 ist von den Seitenwänden der freiliegenden Mesa nach innen in Richtung eines zentral angeordneten Öffnungsbereichs oxidiert. Wie oben erklärt wurde, induziert eine laterale Oxidation des VCSEL 50 eine Belastung oder Spannung in der VCSEL-Struktur, was Defekte (z. B. Grenzflächenleerräume oder Punkdefekte oder beides) einführen kann, die dazu neigen, mit der Zeit (z. B. während nachfolgender Verarbeitungsschritte und während eines VCSEL-Betriebs) in den aktiven Bereich zu wandern, wobei dieselben folglich die Zuverlässigkeit des VCSEL 50 in Frage stellen können. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist eine zuverlässigkeitssteigernde Schicht 54 zwischen einem oxidierten Abschnitt 52 des ersten Spiegelstapels 14 und dem Resonatorbereich 12 angeordnet. Bei einigen Ausführungsbeispielen kann zumindest ein Abschnitt des zweiten Spiegelstapels 16 von den freiliegenden Seitenwänden nach innen in Richtung eines zentral angeordneten Bereichs oxidiert sein, um eine zusätzliche laterale Begrenzung von Trägern und Photonen zu erzielen. Bei diesen Ausführungsbeispielen kann eine zuverlässigkeitssteigernde Schicht zwischen dem oxidierten Abschnitt des zweiten Spiegelstapels 16 und dem Resonatorbereich 12 angeordnet sein. Weitere Ausführungsbeispiele können zuverlässigkeitssteigernde Schichten umfassen, die entworfen sind, um die Belastung auszugleichen, die durch die laterale Oxidation des ersten Spiegelstapels 14 oder des zweiten Spiegelstapels 16 oder beider eingeführt wird, wie oben in Verbindung mit dem Ausführungsbeispiel der Fig. 2A bis 2C beschrieben wurde. Bei diesen Ausführungsbeispielen können zuverlässigkeitssteigernde Schichten in dem oxidierten Abschnitt des ersten Spiegelstapels oder dem oxidierten Abschnitt des zweiten Spiegelstapels oder beider oder in unmittelbarer Nähe (oberhalb oder unterhalb oder beides) des oxidierten Abschnittes des ersten Spiegelstapels oder des oxidierten Abschnittes des zweiten Spiegelstapels oder beider angeordnet sein.

[0038] Bezug nehmend auf Fig. 4 umfaßt bei einem Ausführungsbeispiel ein gewinngeführter Implantations-VCSEL 60 einen Resonatorbereich 12, der zwischen einem ersten Spiegelstapel 14 und einem zweiten Spiegelstapel 16 angeordnet ist, der auf einem Substrat 18 gebildet ist. Der Resonatorbereich 12 umfaßt eine oder mehrere aktive Schichten 20 (z. B. eine Quantenmulde oder einen oder

mehrere Quantenpunkte), die zwischen einem Paar von Abstandsschichten 22, 24 angeordnet sind. Wie bei diesem Ausführungsbeispiel gezeigt ist, umfaßt der VCSEL 60 einen Implantationsbereich 62, der einen Öffnungsbereich 64 definiert. Es wurde beobachtet, daß der Implantationsbereich 62 des VCSEL 60, insbesondere an der Implantationsfront, Punkdefekte erzeugt, die dazu neigen, mit der Zeit (z. B. während nachfolgender Verarbeitungsschritte und während eines VCSEL-Betriebs) in den Resonatorbereich zu wandern, wobei dieselben folglich die Zuverlässigkeit des VCSEL 60 in Frage stellen können.

[0039] Bei dem Ausführungsbeispiel aus Fig. 4 ist eine zuverlässigkeitssteigernde Schicht 66 zwischen dem Implantationsbereich 62 und dem Resonatorbereich 12 angeordnet. Bei anderen Ausführungsbeispielen können zuverlässigkeitssteigernde Schichten in dem Implantationsbereich 62 oder in unmittelbarer Nähe des Implantationsbereichs 62 (oberhalb oder unterhalb oder beides) positioniert sein. Die zuverlässigkeitssteigernde Schicht 66 wird ausgewählt, um ein lokalisierendes Belastungsfeld zu erzeugen und/oder das Defektgleichgewicht zwischen dem Implantationsbereich 62 und dem Resonatorbereich 12 zu verändern, was eine Defektmigration durch die zuverlässigkeitssteigernde Schicht 66 wesentlich reduziert und dadurch den Resonatorbereich 12 vor einer defektinduzierten Verschlechterung schützt. Bei dem Ausführungsbeispiel aus Fig. 4 kann die zuverlässigkeitssteigernde Schicht 66 aus einer Halbleiterlegierung gebildet sein, die aus Al, Ga, As und einem oder mehreren der folgenden Elemente gebildet ist: In, B, P, Sb und N. Die zuverlässigkeitssteigernde Schicht 66 kann z. B. aus InGaAs, InAlGaAs, InGaAsP, oder GaAsP gebildet sein. Die zuverlässigkeitssteigernde Schicht 66 kann durch ein Hinzufügen eines oder mehrerer Elemente von z. B. In, B, P, Sb und N während des Epitaxieaufwachsens einer oder mehrerer der Komponentenschichten des ersten Spiegelstapels 14, die zwischen dem Implantationsbereich 62 und dem Resonatorbereich 12 angeordnet sind, gebildet sein.

[0040] Bei einigen Ausführungsbeispielen kann zumindest ein Abschnitt des zweiten Spiegelstapels 16 implantiert sein, um eine zusätzliche laterale Begrenzung von Trägern und Photonen zu erzielen. Bei diesen Ausführungsbeispielen kann eine zuverlässigkeitssteigernde Schicht zwischen dem Implantationsbereich des zweiten Spiegelstapels 16 und dem Resonatorbereich 12 angeordnet sein. Diese zuverlässigkeitssteigernde Schicht ist vorzugsweise ausgewählt, um zwischen dem Implantationsbereich des zweiten Spiegelstapels 16 und dem Resonatorbereich 12 ein lokalisierendes Belastungsfeld zu erzeugen, das eine Defektmigration durch die zuverlässigkeitssteigernde Schicht wesentlich reduziert und dadurch den Resonatorbereich 12 vor einer defektinduzierten Verschlechterung schützt. Bei diesen Ausführungsbeispielen kann die zuverlässigkeitssteigernde Schicht die gleiche Struktur aufweisen wie die zuverlässigkeitssteigernde Schicht 66. Bei anderen Ausführungsbeispielen können zuverlässigkeitssteigernde Schichten in dem Implantationsbereich des zweiten Spiegelstapels 16 oder in unmittelbarer Nähe des Implantationsbereichs des zweiten Spiegelstapels 16 (oberhalb oder unterhalb oder beides) positioniert sein.

[0041] Andere Implantations-VCSEL-Ausführungsbeispiele können zuverlässigkeitssteigernde Schichten umfassen, die entworfen sind, um eine Verschlechterung der aktiven Schicht 20 oder anderer VCSEL-Bereiche durch Defekte zu verhindern, die während der Implantation des ersten Spiegelstapels 14 oder des zweiten Spiegelstapels 16 oder beider erzeugt werden können. Bei einem Ausführungsbeispiel kann eine zuverlässigkeitssteigernde Schicht z. B. neben (z. B. oberhalb oder unterhalb oder beides) den Implan-

tationsbereichen des ersten Spiegelstapels 14 oder des zweiten Spiegelstapels 16 oder beider positioniert sein. Bei einem anderen Ausführungsbeispiel kann eine zuverlässigkeitssteigernde Schicht in den Implantationsbereichen des ersten Spiegelstapels 14 oder des zweiten Spiegelstapels 16 oder beider positioniert sein. Bei einem anderen Ausführungsbeispiel können die Implantationsbereiche des ersten Spiegelstapels 14 oder des zweiten Spiegelstapels 16 oder beider zwischen jeweiligen Paaren von zuverlässigkeitssteigernden Schichten angeordnet sein. Bei derartigen Ausführungsbeispielen können die zuverlässigkeitssteigernden Schichten Belastungsfelder modifizieren, Defekte (z. B. Punkdefekte) getrennen, die Bildung von Defekten unterdrücken und die Migration von Defekten in den Resonatorbereich 12 und andere Bereiche der VCSEL-Struktur blockieren.

[0042] Bei jedem der oben beschriebenen Ausführungsbeispiele ist der erste Spiegelstapel 14 vorzugsweise mit einem Dotierungsmittel dotiert, das die entgegengesetzte Polarität wie das Substrat 18 (z. B. p-Typ-Dotierungsmittel C oder Mg für ein n-Typ-Substrat 18) aufweist. Der zweite Spiegelstapel 16 ist vorzugsweise mit einem Dotierungsmittel dotiert, das die gleiche Polarität wie das Substrat 18 (z. B. n-Typ-Dotierungsmittel Si für ein n-Typ-Substrat 18) aufweist. Es wurde beobachtet, daß das Verfahren des Dotierens des ersten und des zweiten Spiegelstapels 14, 16 auch Defekte in die VCSEL-Struktur einführen kann, die dazu neigen, mit der Zeit (z. B. während nachfolgender Verarbeitungsschritte und während eines VCSEL-Betriebs) in wesentliche VCSEL-Bereiche (z. B. den Resonatorbereich, der die aktiven Schichten und die Abstandsschichten umfaßt) zu wandern. Folglich können einige Ausführungsbeispiele zuverlässigkeitssteigernde Schichten umfassen, die zwischen den dotierten Bereichen und dem Resonatorbereich, in den dotierten Bereichen oder in unmittelbarer Nähe der dotierten Bereiche (oberhalb oder unterhalb oder beides) angeordnet sind. Die zuverlässigkeitssteigernden Schichten werden vorzugsweise ausgewählt, um lokalisierte Belastungsfelder zu erzeugen, die eine Defektmigration durch dieselben wesentlich reduzieren und dadurch den Resonatorbereich 12 vor einer defektinduzierten Verschlechterung schützen. Jede der zuverlässigkeitssteigernden Schichten kann aus einer Halbleiterlegierung, die aus Al, Ga, As und einem oder mehreren der folgenden Elemente gebildet ist, gebildet sein: In, S, P, Sb und N. Die zuverlässigkeitssteigernden Schichten können z. B. aus InGaAs, InAlGaAs, InGaAsP, oder GaAsP gebildet sein. Die zuverlässigkeitssteigernden Schichten können durch Hinzufügen eines oder mehrerer Elemente von z. B. In, B, P, Sb und N während des Epitaxieaufwachsens einer oder mehrerer der Komponentenschichten des ersten und des zweiten Spiegelstapels 14, 16, die zwischen den Dotierungsbereichen und dem Resonatorbereich 12 angeordnet sind, gebildet sein.

[0043] Halbleitersubstrate, insbesondere halbisolierende Halbleitersubstrate, sind potentielle Quellen von Defekten, die mit der Zeit in wesentliche VCSEL-Bereiche (z. B. den Resonatorbereich, der die aktiven Schichten und die Abstandsschichten umfaßt) wandern. Aus diesem Grund können einige Ausführungsbeispiele eine defektmigrationsunterdrückende zuverlässigkeitssteigernde Schicht umfassen, die zwischen dem aktiven Bereich und dem Substrat oder in unmittelbarer Nähe des Substrats angeordnet ist. Bei einigen Ausführungsbeispielen kann die zuverlässigkeitssteigernde Schicht in dem zweiten Spiegelstapel 16 positioniert sein. Die zuverlässigkeitssteigernde Schicht kann aus Halbleiterlegierungen gebildet sein, die aus Al, Ga, As und einem oder mehreren der folgenden Elemente gebildet ist: In, B, P, Sb und N. Die zuverlässigkeitssteigernde Schicht kann z. B.

aus InGaAs, InAlGaAs, InGaAsP, oder GaAsP gebildet sein. Die zuverlässigkeitssteigernde Schicht kann durch Hinzufügung eines oder mehrerer Elemente von z. B. In, B, F, Sb und N während des Epitaxieaufwachsens einer oder mehrerer der Komponentenschichten des zweiten Spiegelstapels 16 gebildet sein.

[0044] Bei einigen Ausführungsbeispielen können eine oder mehrere zuverlässigkeitssteigernde Schichten in der Pufferschicht 32 positioniert sein, um Defekte zu gettern oder eine Defektbildung zu puffern oder beides.

[0045] Obwohl die obigen Ausführungsbeispiele in Verbindung mit AlGaAs-Spiegelstapelsystemen beschrieben sind, können z. B. andere Halbleiterlegierungszusammensetzungen oder dielektrische Schichten verwendet werden, um die DBR-Spiegelstrukturen zu bilden. Zusätzlich können die zuverlässigkeitssteigernden Schichten, wie oben beschrieben wurde, aus einzelnen Schichten oder aus Übergittersstrukturen (z. B. belasteten Schicht-Übergittern oder belastungsausgeglichenen Übergittern) gebildet werden.

Patentansprüche

1. Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser (VCSEL) mit folgenden Merkmalen:
einem ersten Spiegelstapel (14);
einem zweiten Spiegelstapel (16);
einem Resonatorbereich (12), der zwischen dem ersten Spiegelstapel (14) und dem zweiten Spiegelstapel (16) angeordnet ist und einen aktiven Bereich (20) umfaßt;
einer Defektquelle; und
einer zuverlässigkeitssteigernden Schicht (48, 54, 66), die hinsichtlich der Defektquelle positioniert ist, um eine defektinduzierte Verschlechterung eines oder mehrerer Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser-Bereiche zu reduzieren.
2. Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser gemäß Anspruch 1, bei dem die zuverlässigkeitssteigernde Schicht zwischen der Defektquelle und dem Resonatorbereich (12) positioniert ist.
3. Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser gemäß Anspruch 1, bei dem die zuverlässigkeitssteigernde Schicht (48, 54, 66) in der Defektquelle positioniert ist.
4. Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser gemäß Anspruch 1, bei dem die zuverlässigkeitssteigernde Schicht (48, 54, 66) in unmittelbarer Nähe der Defektquelle positioniert ist.
5. Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser gemäß Anspruch 1, bei dem die Defektquelle zwischen der zuverlässigkeitssteigernden Schicht und dem Resonatorbereich (12) angeordnet ist.
6. Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, der ferner eine zweite zuverlässigkeitssteigernde Schicht aufweist, die von der ersten zuverlässigkeitssteigernden Schicht (48, 54, 66) um eine oder mehrere andere Schichten getrennt ist.
7. Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem die zuverlässigkeitssteigernde Schicht (48, 54, 66) eines oder mehrere der folgenden Elemente aufweist: Indium, Bor, Phosphor, Antimon und Stickstoff.
8. Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem die zuverlässigkeitssteigernde Schicht (48, 54, 66) an umgebende Schichten gitterangepaßt ist.
9. Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem die zuverlässigkeitssteigernde Schicht (48, 54, 66) eine oder mehrere belastete Schichten umfaßt.

10. Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem die zuverlässigkeitssteigernde Schicht (48, 54, 66) ein Übergitter umfaßt.

11. Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser gemäß Anspruch 10, bei dem das Übergitter belastet ist.

12. Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser gemäß Anspruch 10, bei dem das Übergitter an umgebende Schichten gitterangepaßt ist.

13. Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser gemäß Anspruch 10, bei dem das Übergitter für die umgebenden Schichten belastungsausgeglichen ist.

14. Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, bei dem die Defektquelle einen oxidierten Abschnitt (26, 52) des Vertikalresonatoroberflächenemissionslasers umfaßt.

15. Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, bei dem die Defektquelle einen Implantationsbereich (62) des Vertikalresonatoroberflächenemissionslasers umfaßt.

16. Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, bei dem die Defektquelle einen freiliegenden Bereich des Vertikalresonatoroberflächenemissionslasers umfaßt.

17. Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, bei dem die Defektquelle eine oder mehrere dielektrische Schichten umfaßt.

18. Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, bei dem die Defektquelle einen dotierten Bereich des Vertikalresonatoroberflächenemissionslasers umfaßt.

19. Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, bei dem die Defektquelle ein Substrat (18) umfaßt.

20. Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser gemäß einem der Ansprüche 1 bis 19, bei dem die zuverlässigkeitssteigernde Schicht (48, 54, 66) konfiguriert ist, um zumindest teilweise eine Belastung, die durch die Defektquelle erzeugt wird, auszugleichen.

21. Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser gemäß Anspruch 20, bei dem die Defektquelle einen Oxidbereich umfaßt, der ein Druckbelastungsfeld induziert, und bei dem die zuverlässigkeitssteigernde Schicht (48, 54, 66) in dem Druckbelastungsfeld positioniert und durch eine Zugbelastung gekennzeichnet ist.

22. Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser gemäß einem der Ansprüche 1 bis 21, bei dem die Defektquelle ein Konzentrationsgefälle erzeugt, das eine Defektmigration induziert, und bei dem die zuverlässigkeitssteigernde Schicht (48, 54, 66) konfiguriert ist, um die induzierte Defektmigration zu reduzieren.

23. Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser gemäß Anspruch 22, bei dem die Defektquelle durch eine relativ hohe Gruppe-V-Leerstellenkonzentration gekennzeichnet ist, und bei dem die zuverlässigkeitssteigernde Schicht (48, 54, 66) durch eine niedrige Gruppe-V-Leerstelldiffusionsrate gekennzeichnet ist.

24. Verfahren zum Herstellen eines Vertikalresonatoroberflächenemissionslasers (VCSEL), mit folgenden Schritten:

Bilden eines ersten Spiegelstapels (14), eines zweiten Spiegelstapels (16) und eines Resonatorbereichs (12), der zwischen denselben angeordnet ist, wobei der Resonatorbereich einen aktiven Bereich (20) umfaßt;
Bilden einer Defektquelle; und

- Bilden einer zuverlässigkeitssteigernden Schicht (48, 54, 66), die hinsichtlich der Defektquelle positioniert ist, um eine defektinduzierte Verschlechterung eines oder mehrerer Vertikalresonatoroberflächenemissionslaser-Bereiche zu induzieren. 5
25. Verfahren gemäß Anspruch 24, bei dem die zuverlässigkeitssteigernde Schicht zwischen der Defektquelle und dem Resonatorbereich (12) positioniert ist.
26. Verfahren gemäß Anspruch 24, bei dem die zuverlässigkeitssteigernde Schicht (48, 54, 66) in der Defektquelle positioniert ist. 10
27. Verfahren gemäß Anspruch 24, bei dem die zuverlässigkeitssteigernde Schicht (48, 54, 66) in unmittelbarer Nähe der Defektquelle positioniert ist.
28. Verfahren gemäß Anspruch 24, bei dem die Defektquelle zwischen der zuverlässigkeitssteigernden Schicht und dem Resonatorbereich (12) angeordnet ist. 15
29. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 24 bis 28, das ferner ein Bilden einer zweiten zuverlässigkeitssteigernden Schicht aufweist, die von der ersten zuverlässigkeitssteigernden Schicht (48, 54, 66) um eine oder mehrere andere Schichten getrennt ist. 20
30. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 24 bis 29, bei dem die zuverlässigkeitssteigernde Schicht (48, 54, 66) eines oder mehrere der folgenden Elemente aufweist: Indium, Bor, Phosphor, Antimon und Stickstoff. 25
31. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 24 bis 30, bei dem die zuverlässigkeitssteigernde Schicht (48, 54, 66) an umgebende Schichten glühtangepaßt ist.
32. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 24 bis 30, bei dem die zuverlässigkeitssteigernde Schicht (48, 54, 66) eine oder mehrere belastete Schichten umfaßt. 30
33. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 24 bis 30, bei dem die zuverlässigkeitssteigernde Schicht (48, 54, 66) ein Übergitter umfaßt. 35
34. Verfahren gemäß Anspruch 33, bei dem das Übergitter belastet ist.
35. Verfahren gemäß Anspruch 33, bei dem das Übergitter an umgebende Schichten glühtangepaßt ist.
36. Verfahren gemäß Anspruch 33, bei dem das Übergitter für die umgebenden Schichten belastungsausgeglichen ist. 40
37. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 24 bis 36, bei dem die Defektquelle einen oxidierten Abschnitt 26, 52 des Vertikalresonatoroberflächenemissionslasers umfaßt. 45
38. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 24 bis 36, bei dem die Defektquelle einen Implantationsbereich (62) des Vertikalresonatoroberflächenemissionslasers umfaßt. 50
39. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 24 bis 36, bei dem die Defektquelle einen freiliegenden Bereich des Vertikalresonatoroberflächenemissionslasers umfaßt.
40. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 24 bis 36, bei dem die Defektquelle eine oder mehrere dielektrische Schichten umfaßt. 55
41. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 24 bis 36, bei dem die Defektquelle einen dotierten Bereich des Vertikalresonatoroberflächenemissionslasers umfaßt. 60
42. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 24 bis 36, bei dem die Defektquelle ein Substrat (18) umfaßt.
43. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 24 bis 42, bei dem die zuverlässigkeitssteigernde Schicht (48, 54, 66) konfiguriert ist, um zumindest teilweise eine Belastung, die durch die Defektquelle erzeugt wird, auszugleichen. 65
44. Verfahren gemäß Anspruch 43, bei dem die De-

fektquelle einen Oxidbereich umfaßt, der ein Druckbelastungsfeld induziert, und bei dem die zuverlässigkeitssteigernde Schicht (48, 54, 66) in dem Druckbelastungsfeld positioniert und durch eine Zugbelastung gekennzeichnet ist.

45. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 24 bis 44, bei dem die Defektquelle ein Konzentrationsgefälle erzeugt, das eine Defektmigration induziert, und bei dem die zuverlässigkeitssteigernde Schicht (48, 54, 66) konfiguriert ist, um die induzierte Defektmigration zu reduzieren.

46. Verfahren gemäß Anspruch 45, bei dem die Defektquelle durch eine relativ hohe Gruppe-V-Leerstellenkonzentration gekennzeichnet ist, und bei dem die zuverlässigkeitssteigernde Schicht (48, 54, 66) durch eine niedrige Gruppe-V-Leerstellendiffusionsrate gekennzeichnet ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

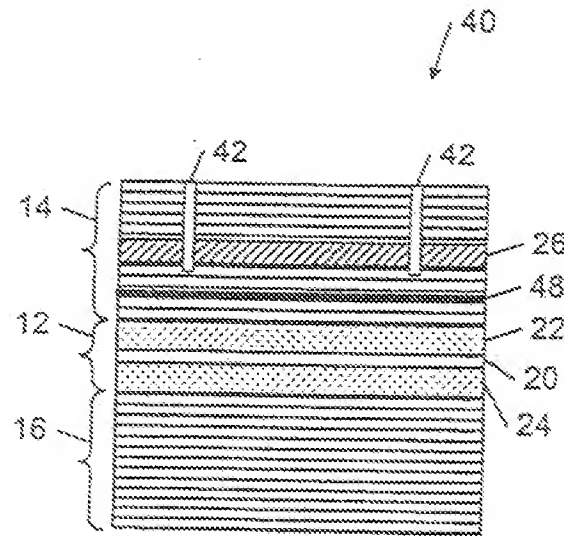


FIG. 2B

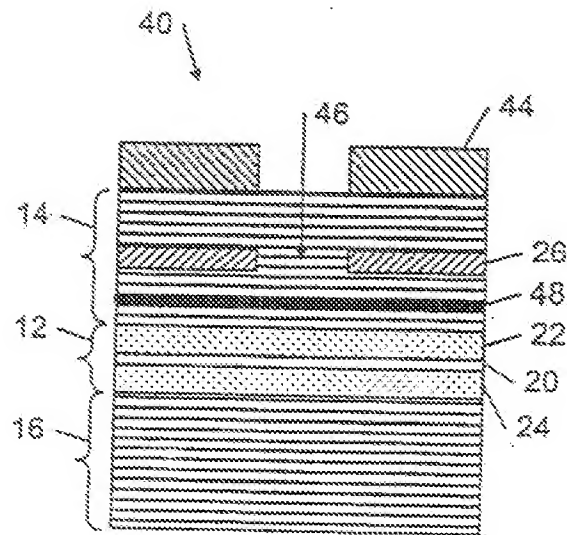


FIG. 2C

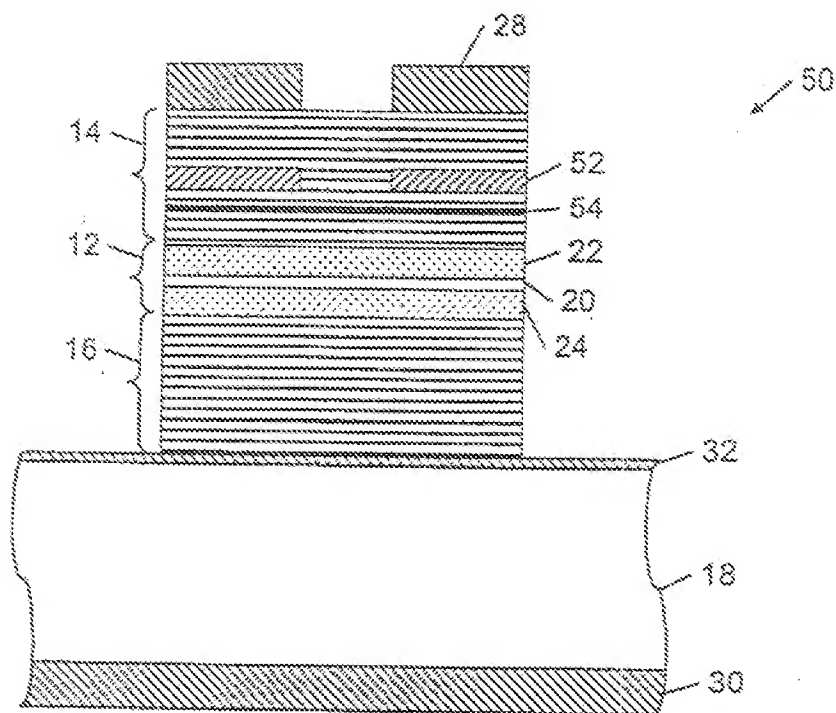


FIG. 3

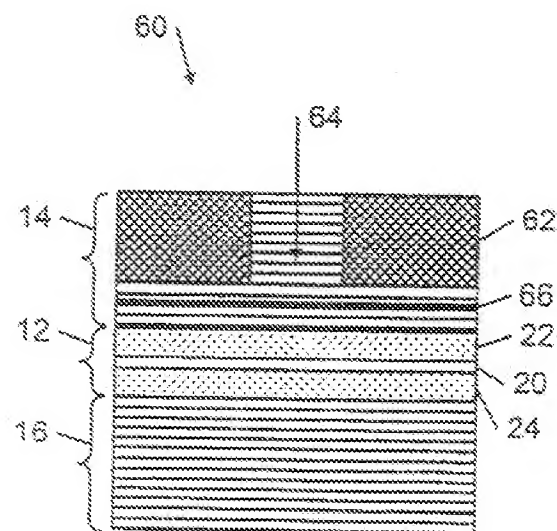


FIG. 4

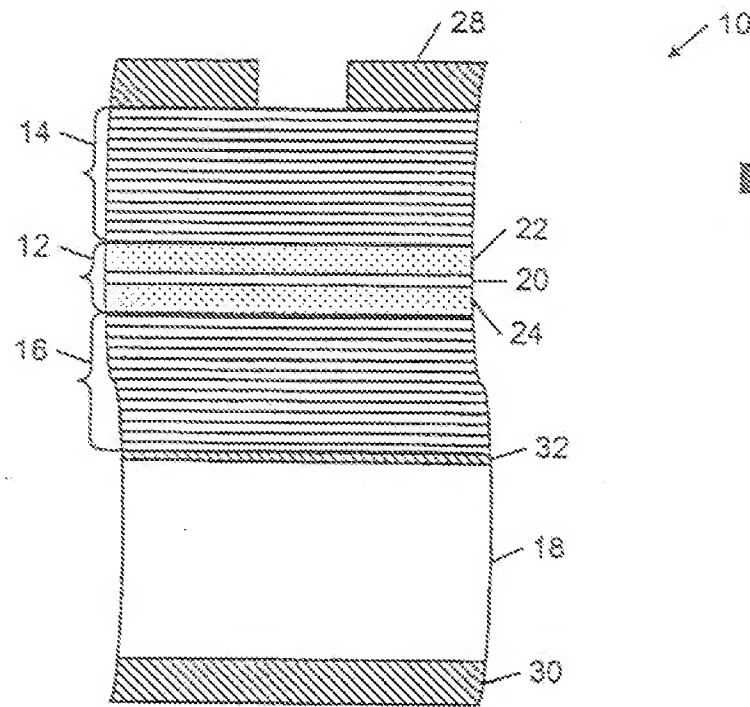


FIG. 1

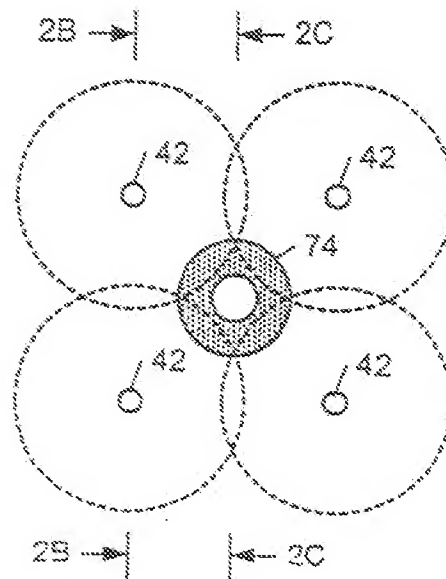


FIG. 2A

RECEIVED

NOV 13 2002

AGILENT LEGAL
SANTA CLARA